

FÜSTÖLŐ-FŐZŐ BERENDEZÉS VIZSGÁLATA

KIGYÓSSY ZSOLT¹ ESZES FERENC² BALGA ZOLTÁN¹

¹Élelmiszeripari Műveletek és Berendezések Tanszék

²Technológia Tanszék

ÖSSZEFOGLALÓ

Intézményünk technológiai csarnokában lévő füstölő-főző berendezést mind a hallgatói gyakorlatban, mind kutatási munkák során használjuk. A berendezéssel húsipari termékek hőkezelését végezzük el. Mivel a berendezéssel gyártott késztermékekkel szemben sorozatos minőségi-technológiai kifogások merültek fel és a kezelési folyamat elhúzódott, szükségessé vált a technológiai folyamat és a berendezés alapos gépészeti ellenőrzése, újraméretezése.

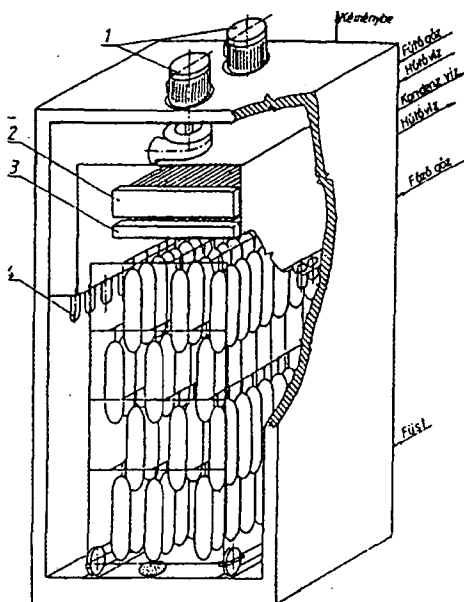
A szerzők hőpenetrációs mérések és mérnöki számítások alapján meghatározták a technológiailag szükséges és egyben elégséges feltételeket, és ennek alapján végezték el a gépészeti méretezéseket és számításokat.

A szerzők meghatározták a termékek minőségjavítása, az energiafelhasználás csökkentése érdekében teendő gépészeti és technológiai változási alternatívákat.

Az alkalmazott módszer átvihető ipari méretű berendezések ellenőrzésére és felülvizsgálatára is.

1. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Az alapméréseket ELLAB CTD 85 és CTF 9008 típusú hőmérsékletmérő műszerrel és DC-15 érzékelőkkel 75 mm átmérőjű műbélbe töltött Olasz felvágotton, a méretezés ellenőrzési méréseket a felvágottak beltartalmi értékeire beállított bentonit (B-82 típus Országos Érc és Ásványbányaipari Vállalat, Mád) szuszpenzióval (NIEKAMP 1984) végeztük OHKI 483 típusú laboratóriumi füstölő-főző berendezésben (1. ábra).



1. ábra
OHKI 483 típusú főző-füstölő berendezés

A kapott hőpenetrációs görbéket technológiai-műveletteni számításokkal vetettük össze az elért illetve a megkívánt hőátadási tényező meghatározásához PFLUG et.al. (1965) KORN és KORN (1975) alapján. .

$$Y = \frac{T - T_k}{T_o - T_k} 4 \sum_{i=1}^n \frac{J_1(\beta_n) J_o(\beta r / R)}{J_1^2(\beta_n) J_o^2(\beta_n)} e^{-(\beta_n^2) Fo} \quad (1)$$

A hőpenetrációs számításokhoz $1,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ hőmérsékletvezetési tényezőt tételeztünk fel. Mivel a rudak elrendezése a gyakorlatban és a mérések alatt nagyon hasonlított a csőköteges hőcserélők köpenytéri elrendezéséhez, az áramlási sebességet a Biot számtól függő β tényezőtől Carslaw és Jaeger (1959) táblázata segítségével számított hőátadási tényezőtől WONG (1983) képletével számítottuk.

$$\alpha = \frac{k}{l} \text{Re}^{0,6} \mu^{0,3} (\eta/\eta_f)^{0,14} \quad (2)$$

A légtechnikai átméretezéshez megmértük a berendezés megfelelő geometriai méreteit és a légsebességet. Az anemométeres mérést a felfüggesztett rudak közti és befúvó fúvókáknál 5 ismétlésben, 30 mp-es idő alatt, zárt szekrényben végeztük. Ezt a levegő keringtető ventilátorok irányváltása miatt kellett így tenni. A mérési eredményeket gépészeti számításokkal is ellenőriztük (GRUBER 1974) a nyomásveszteségek, Re szám és a sebesség tekintetében. A számítás menete:

$$P_{hasznos} = P_{motor} \eta_{motor} \eta_{ventillátor} \quad (3)$$

$$Q_v = A_{gcső} \cdot v_{cső} \quad (4)$$

$$Re = \frac{v d_{cs}}{\mu} \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{3164}{4\sqrt{Re}} \quad (6)$$

$$\Delta p_{\bar{o}} = \eta_{ventillátor} \rho (c_{2u} u_2 - c_{1u} u_1) \quad (7)$$

$$P_{szükséges} = \Delta P_{\bar{o}} Q_v \quad (8)$$

Az átméretezéshez a kisminta törvényt használtuk (GRUBER 1974):

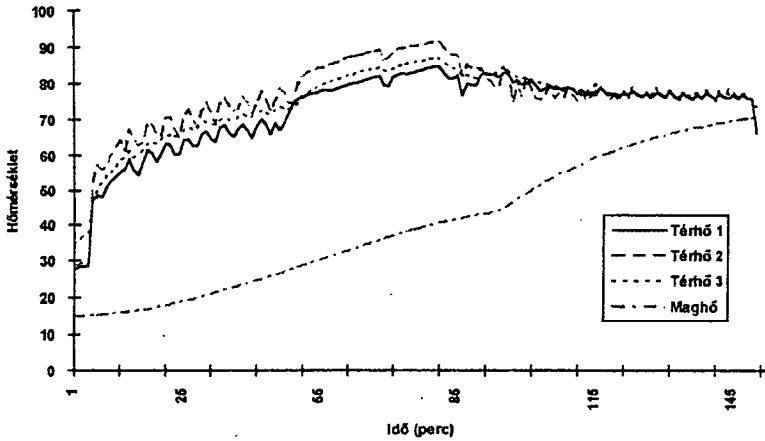
$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{D_2^3}{D_1^3} \frac{n_2}{n_1} \quad (9)$$

$$\frac{dp_2}{dp_1} = \frac{\rho_2 D_2^2}{\rho_1 D_1^2} \frac{n_2^2}{n_1^2} \quad (10)$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \frac{D_2^5}{D_1^5} \frac{n_2^3}{n_1^3} \quad (11)$$

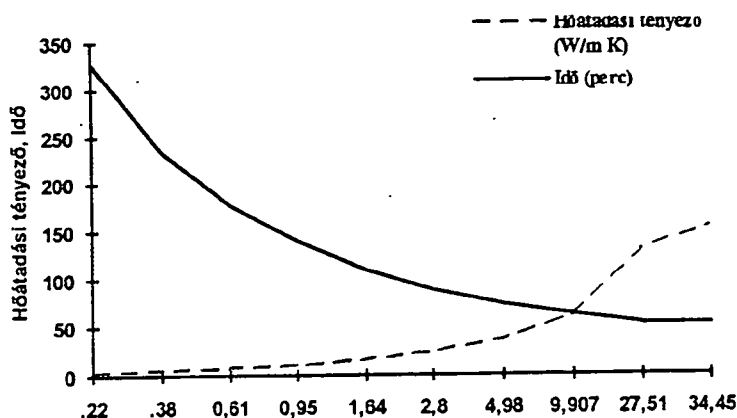
EREDMÉNYEK

A berendezés alapállapotát jellemző hőpenetrációs görbét a 2. ábra mutatja. Az ábrából látható, hogy a 40°C -os maghőmérséklet eléréséhez 80 perces füstölés idő kell, az iparban megszokott 55°C illetve 55-60 perc adatokhoz képest. Külön ellenőrző méréseink azt mutatták, hogy a főzés alatt megfelelő hőmérsékletemelkedéseket értünk el, így egyértelműen a meghosszabbodott idejű forró füstölés alatti magas hőmérséklet okozta a minőségi kifogásokat.



2. ábra

A főző-füstölő berendezés által biztosított hőpenetráció



3. ábra

A hőátadási tényező és a füstölési idő a légsebesség függvényében

A szekrényen belül a légbefúvó fúvókákból kiáramló légsebességeket az 1. táblázatban mutatjuk be:

1. táblázat: Levegő áramlási sebességek a befúvóknál (az adatok 5-5 mérés átlagát jelentik [m/s])

	Hátul-----Elöl								
bal oldal	4,5	4,3	4,1	4,0	3,9	3,9	3,8	3,7	3,6
jobb oldal	4,6	4,3	4,1	4,0	3,9	3,7	3,6	3,5	3,5

A táblázatból látható, hogy belső levegőeloszlási probléma nincs. A hőközlő levegő áramlási sebességének növelésével lehetséges a folyamat intenzívebbé tétele. A növelés lehetőségét a 3. ábrán mutatjuk be.

Az ábrán látható, hogy 5 m/s felett bár jelentősen megnő a hőátadási tényező értéke, de a hőkezelési idő csak kismértékben csökken. Technológiailag ezt tekinthetjük maximálisan elérendő légsebességnek a termékek között. Ezt az értéket vittük be a gépészeti számításokba ((3)-(11) egyenlet), mivel ez az érték az alapállapot légsebességének kb. kétszerese. A 2. táblázatban foglaltuk össze az alap- és a tervezett adatokat

2. táblázat: A ventilátormotorok alap- és tervezett adatai

	Alapállapot (1)		Tervezett állapot (2)	
Elektromotor típus	VZP 80 h		VZP 80 h	
Póluspárok száma	p_1	4	p_2	2
Teljesítmény	P_1	250 W	P_2	750 W
Fordulatszám	n_1	660 1/min	n_2	1420 1/min
Áramfelvétel	I_{n1}	1,1 A	I_{n2}	2,0 A
Motorhatásfok	η_1	50 %	η_2	73 %
Ventilátorhatásfok	η_l	80 %	η_2	80 %

Az 5 m/s légsebesség eléréséhez meg kellett növelni a motorteljesítményt és a fordulatszámot.

Szükséges teljesítmény az (3)-(11) egyenlet alapján:

$$\begin{aligned}
 P_{szükséges1} &= 14,68 \text{ W és } P_{szükséges2} = 146,24 \text{ W} \\
 P_{hasznos1} &= 100 \text{ W és } P_{hasznos2} = 438 \text{ W} \\
 P_{szükséges2} &= 146,24 \text{ W} < P_2 = 438 \text{ W}
 \end{aligned}$$

A kiválasztott elektromotor megfelelő teljesítményű, ezért beépíthető. Az átméretezés eredményei alapján két lehetőségünk van a javításra, az elektromotor és a járókerék cseréje, amelyek költségeit a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat: A javítási lehetőségek költségei:

	1. Megoldás	2. Megoldás
Motorcsere 2 póluspárú VZP 80 h motor	25000 Ft	
Munkabér	1750 Ft	
Járókerék csere (TZR-250 típus)		26000 Ft
Beszereleési átalakítások költsége		15000 Ft
Összesen	26750 Ft	41000 Ft

ÉRTÉKELÉS ÉS JAVASLATTÉTEL

A feljavítás a következő évben megvalósul a technológiai műhelycsarnokban az olcsóbb kivitelben.

A légtechnikai átméretezéssel elérjük a technológia számára szükséges hőátadási viszonyokat a füstölő térben, így hőkezelés miatt nem lesz minőségi kifogás. A berendezés reprezentálja az ipari berendezésekben megszokott viszonyokat. A laboratóriumi mérések közvetlenül átvihetők a nagyipari gyakorlatba.

A módszerrel sok régi berendezés leellenőrizhető és minimális költséggel feljavítható. Ennek különösen nagy jelentősége van, a kisüzemi húsfeldogozó üzemekben, amelyek sok ilyen kis teljesítményű és használt berendezéseket alkalmaznak.

A módszer átvihető más hőátadási viszonyokra is a megfelelő hőtechnikai és áramlástechnikai függvények alkalmazásával.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Carslaw, H.S.-Jaeger, J.C. (1957): *Conduction of heat in Solids*, Függelék. Clarendon Press. Oxford.
2. GRUBER, J. (1974): *Ventillátorok*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 11-37.
3. Korn, G.A.-Korn, T.M. (1975): *Matematikai kézikönyv műszakiaknak*. F. Függelék. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
4. niekamp, a.-unklesbay, k.-unklesbay, n.-ellersieck, m. (1984): *Thermal Properties of Bentonite-Water Suspensions Used for Modeling Foods*. *Journal of Food Science* (49) 28-31.
5. WONG, H.Y. (1983): *Hőátadási zsebkönyv* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 11-60, 77-107, 154-210.

JELMAGYARÁZAT

$$Re = \frac{d^* v}{\mu}$$

$$d =$$

$$d_{cső} =$$

$$A_{9cső} =$$

$$v =$$

$$\mu =$$

$$Pr =$$

$$T =$$

$$T_o =$$

$$T_k =$$

$$J_o(\beta)$$

$$J_1(\beta)$$

$$\beta =$$

$$x =$$

$$R =$$

$$Bi = \frac{\alpha * R}{k}$$

$$\alpha$$

$$t$$

$$Y$$

$$v_{cső}$$

$$P_{hasznos}$$

$$P_{motor}$$

$$P_{szükséges}$$

$$\eta_{motor}$$

$$\eta_{ventillátor}$$

$$Q_v$$

$$\Delta P_o =$$

$$c_{1u}$$

$$c_{2u}$$

$$u_1$$

$$u_2$$

$$D_2$$

$$D_2/D_1$$

$$n_2/n_1$$

$$\Delta p_2/\Delta p_1$$

$$\rho_2/\rho_1$$

$$\lambda$$

$$\eta$$

Re szám

jellemző hossz a külső hőközlésnél (m)

Csőátmérő (m)

A 9 beáramlási cső keresztmetszete (m²)

a közeg áramlási sebessége (m/s)

a közeg kinematikai viszkozitása (m²/s)

a hőátadó közeg Prandtl száma

a hőmérséklet a magban (°C)

kezdeti termékhőmérséklet (°C)

közeghőmérséklet (°C)

nulladrendű, elsőfajú Bessel függvény

elsőrendű, elsőfajú Bessel függvény

a Bi $J_1(\beta) = J_o(\beta)$ egyenlet gyöke

az r/R relatív távolság a középponttól

a henger sugara (m)

Biot szám

a felületi hőátadási tényező (W/m²K)

az eltelt idő

dimenzió nélküli hőmérséklet

áramlási sebesség a befűvónyíláson (m/s)

hasznos teljesítmény (W)

motor teljesítmény (W)

szükséges teljesítmény (W)

motor hatásfok

ventillátor hatásfok

belépő térfogatáram (m³/s)

összes nyomáskülönbség (Pa)

a levegő abszolút belépési sebessége (m/s)

a levegő abszolút kilépési sebessége (m/s)

a járókerék belépő kerületi sebessége (m/s)

a járókerék kilépő kerületi sebessége (m/s)

a járókerék külső átmérője (m)

geometriai nagyságviszony

fordulatszám viszony

nyomáskülönbség viszony

sűrűség viszony

csősurlódási tényező

dinamikai viszkozitás (Pas)

INVESTIGATION OF HOT-SMOKING AND COOKING CHAMBER

ZS.KIGYÓSSY F.ESZES Z.BALGA

*University of Horticulture and Food Industry
College of Food Industry
H-6701. Szeged, P.O.Box 433.*

ABSTRACT

We use the hot-smoking and cooking chamber of the meat technology workshop in our institute both for educational and for research aims. The equipment can be used for heat treatment of the sausages and other meat products. Because of a lot problems rose regarding with the quality of the finished product produced in this equipment repeatedly and processing has taken too long time it became necessary the checking and resealing the technology process and the machinery of the equipment.

The Authors has determined the necessary and sufficient conditions of the heat treatment process on the base of heat penetration measurements and engineering calculations and according to that have carried out the machinery checking and calculations.

The Authors determined the machinery and technological improvement alternatives to be done for improving the product quality and for lowering the energy consumption.

The applied methods can be used for checking other heat treating equipment in industrial size as well.